

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Hasil Pemeriksaan Agregat**

Sebelum melaksanakan pembuatan benda uji perlu diadakan pemeriksaan terhadap agregat agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan yang maksimal sehingga perkiraan kuat tekan rencana sesuai dengan perhitungan.

##### **5.1.1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat**

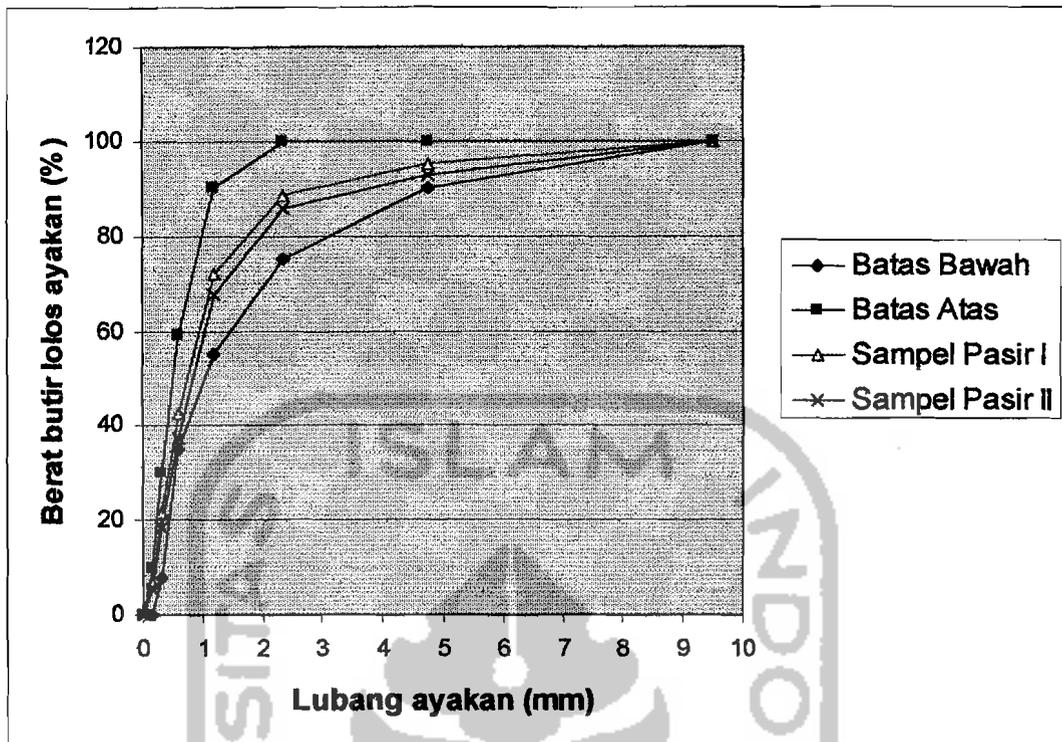
Hasil pemeriksaan gradasi (distribusi ukuran butiran) pasir dan kerikil dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2.

Tabel 5.1 Distribusi ukuran butiran pasir

Saringan (mm)	Berat Tertahan				Berat Kumulatif			
	gram		%		Tertahan (%)		Lolos (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
9,60	0	0	0	0	0	0	100	100
4,75	47,4	70,4	4,74	7,04	4,74	7,04	95,26	92,96
2,36	67,4	72,8	6,74	7,28	11,48	14,32	88,52	85,68
1,18	165,5	180,6	16,55	18,06	18,03	32,38	71,97	67,62
0,60	296,6	300,6	29,66	30,06	57,69	62,44	42,31	37,56
0,30	205,2	192,5	20,52	19,25	78,21	81,69	21,79	18,31
0,15	149,4	128,3	14,94	12,83	93,15	94,52	6,85	5,48
Pan	68,5	54,8	6,85	5,48	----	----	----	----
Jumlah	1000	1000	100,0	100,0	273,3	292,39	----	----

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{(273,3 + 292,39)/2}{100} \times 100\% = 2,83$$

Dari tabel 5.1 kemudian dicocokkan dengan tabel yang ditetapkan oleh SK-SNI-T-15-1990-03 seperti telah dijabarkan pada bab sebelumnya, diperoleh hasil bahwa pasir yang digunakan termasuk daerah II yaitu pasir agak kasar, digambarkan dalam Gambar 5.1 berikut ini.



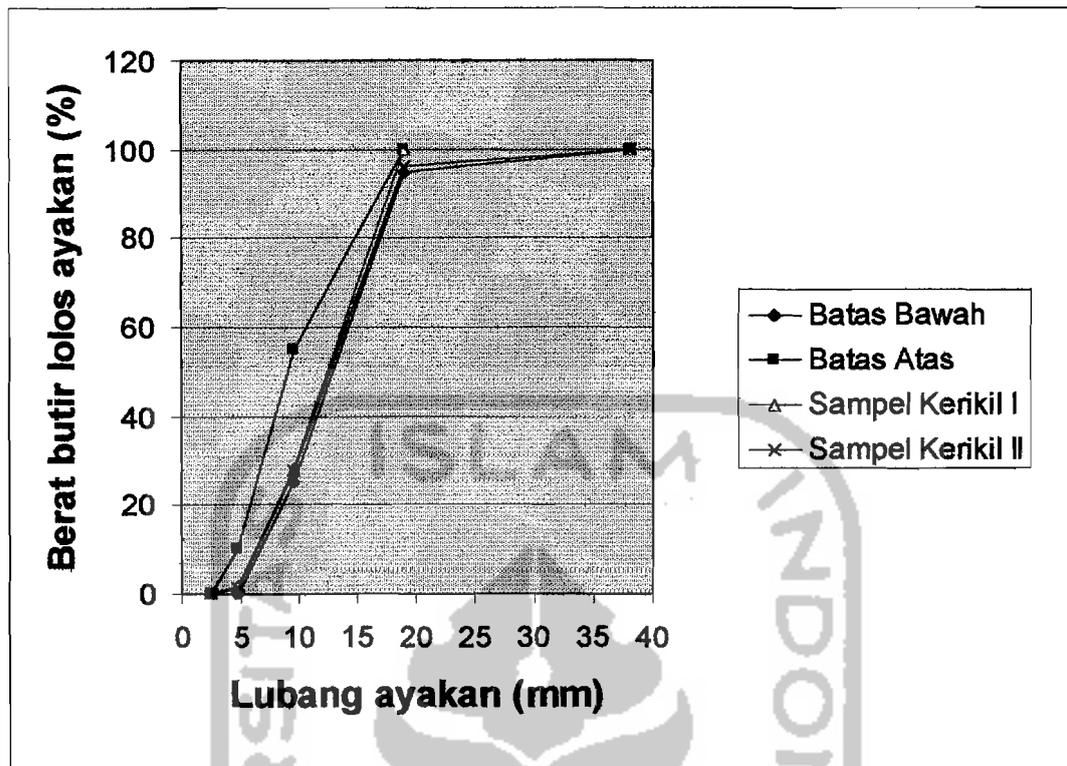
Gambar 5.1 Grafik gradasi pasir

Tabel 5.2 Distribusi ukuran butiran kerikil

Saringan (mm)	Berat Tertahan				Berat Kumulatif			
	gram		%		Tertahan (%)		Lolos (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
38,1	0	0	0	0	0	0	100	100
19,0	0	38,2	0	3,82	0	3,82	100	96,18
9,50	719,3	686,1	71,93	68,61	71,93	72,43	28,07	27,57
4,75	263,3	263,9	26,33	26,39	98,26	98,2	1,74	1,18
2,36	17,4	11,8	1,74	1,18	100	100	0	0
1,18	0	0	0	0	100	100	0	0
0,60	0	0	0	0	100	100	0	0
0,30	0	0	0	0	100	100	0	0
0,15	0	0	0	0	100	100	0	0
Pan	0	0	0	0	----	----	----	----
Jumlah	1000,0	1000,0	100,0	100,0	670,19	674,45	----	----

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{(670,19 + 674,45)/2}{100} \times 100 \% = 6,72$$

Dari tabel 5.2 diperoleh hasil bahwa kerikil memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SK-SNI-T-15-1990-03 karena berada dalam batas-batas yang ditetapkan sebagaimana terlihat pada Gambar 5.2 sehingga memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton.



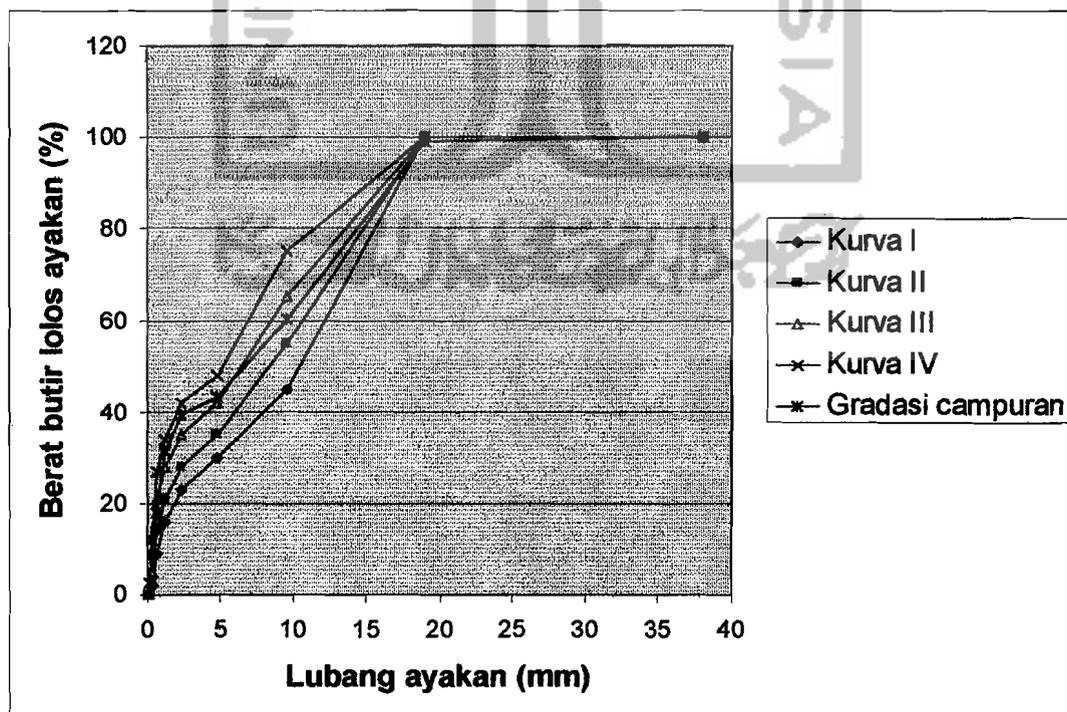
Gambar 5.2 Grafik gradasi kerikil

Dan nilai modulus halus butir yang digunakan dalam perhitungan campuran adalah modulus halus butir (mhb) pasir sebesar 2,83.

Dalam perhitungan campuran adukan beton dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) diperoleh perbandingan berat semen : pasir : kerikil sebesar 1 : 1,7 : 2,1. Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa perbandingan pasir dan kerikil adalah 45 : 55. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 5.3 dan Gambar 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Distribusi ukuran butiran campuran

Lubang ayakan (mm)	Berat butir lewat (rata-rata)		(2) x P	(3) x K	(4) + (5)
	Pasir (%)	Kerikil (%)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
38,10	100	100	45	55	100
19,00	100	98,09	45	53,95	98,95
9,50	100	27,82	45	15,30	60,30
4,75	94,11	1,46	42,35	0,80	43,15
2,36	87,10	0	39,20	0	39,20
1,18	69,79	0	31,40	0	31,40
0,60	39,93	0	17,97	0	17,97
0,30	20,05	0	9,02	0	9,02
0,15	6,17	0	2,77	0	2,77



Gambar 5.3 Grafik gradasi campuran

Dari gambar di atas terlihat bahwa gradasi campuran ini memenuhi syarat karena berada dalam kurva standar yang sebagian besar terletak antara kurva II dan kurva III maka gradasi campuran cukup ideal.

### **5.1.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat**

Berat jenis agregat ialah ratio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Berat jenis agregat halus diperoleh sebesar 2,6154 dan berat jenis agregat kasar sebesar 2,6236. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat selengkapnya diberikan dalam lampiran.

### **5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Satuan Agregat**

Berat satuan agregat adalah berat agregat dalam satu satuan volume, dihitung berdasar berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya adalah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume terbukanya. Berat volume agregat halus diperoleh  $1,5377 \text{ t/m}^3$  dan berat volume agregat kasar diperoleh  $1,5655 \text{ t/m}^3$ . Hasil pemeriksaan selengkapnya diberikan dalam lampiran.

## **5.2 Analisis Hasil Pengujian Kuat desak Beton Normal**

Hasil sementara dari pengujian kuat desak silinder beton di laboratorium diberikan dalam lampiran. Berikut ini adalah hasil analisis dari pengujian tersebut.

### 5.2.1 Umur 7 hari

Tabel 5.4 Hasil pengujian kuat desak silinder beton normal umur 7 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (Mpa)	Konversi (f <sub>b</sub> /0,65)	Rerata 4 Hasil Uji
1	G-1	65770,65	176,0367	37,3619	57,4798	---
2	G-2	64241,10	178,3957	36,0105	55,4007	---
3	G-3	62711,55	176,0367	35,6241	54,8063	---
4	G-4	66790,35	180,1752	37,0697	57,0303	56,1793
5	G-5	64241,00	180,1752	35,6548	54,8535	55,5227
6	G-6	60672,15	178,3957	34,0099	52,3229	54,7533
7	G-7	70869,15	179,5810	39,4636	60,7132	56,2300
8	G-8	66280,50	182,5616	36,3058	55,8551	55,9362
9	G-9	68829,75	178,3957	38,5826	59,3579	57,0623
10	G-10	69339,60	182,5616	37,9815	58,4331	58,5898
11	G-11	61182,00	176,6250	34,6395	53,2915	56,7344
12	G-12	65260,80	179,5810	36,3406	55,9086	56,7478
13	G-13	70359,30	177,8045	39,5712	60,8787	57,1280
14	G-14	71888,85	178,3957	40,2974	61,9960	58,0187
15	G-15	61182,00	180,1752	33,9569	52,2415	57,7562
f <sub>hm</sub> (Mpa)				36,8580		
Sd				3,0831		
f <sub>c</sub> + 0,82 Sd				31,5281		
0,85 f <sub>c</sub>				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari 0,85 f<sub>c</sub> dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari (f<sub>c</sub>+0,82 Sd), jadi memenuhi f<sub>c</sub> = 29 Mpa.

### 5.2.2 Umur 14 hari

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat desak silinder beton normal umur 14 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sup>b</sup> (Mpa)	Konversi (f <sup>b</sup> /0,88)	Rerata 4 Hasil Uji
1	E-1	76477,50	179,5810	42,5866	48,3939	---
2	E-2	76477,50	182,5616	41,8913	47,6038	---
3	E-3	75457,80	182,5616	41,3328	46,9691	---
4	E-4	70869,15	179,5810	39,4636	44,8450	46,9529
5	E-5	77497,20	177,8045	43,5856	49,5291	47,2368
6	E-6	71379,00	178,9879	39,8792	45,3173	46,6651
7	E-7	64750,95	176,0367	36,7826	41,7984	45,3725
8	E-8	71379,00	174,8632	40,8199	46,3863	45,7578
9	E-9	81066,15	178,3957	45,4418	51,6384	46,2851
10	E-10	78516,90	175,4495	44,7519	50,8544	47,6694
11	E-11	75457,80	177,8045	42,4386	48,2257	49,2762
12	E-12	68829,75	176,6250	38,9694	44,2834	48,7505
13	E-13	79536,60	177,2142	44,8816	51,0018	48,5913
14	E-14	72908,55	174,8632	41,6946	47,3803	47,7228
15	E-15	78007,05	176,6250	44,1654	50,1879	48,2134
f <sup>bm</sup> (Mpa)				41,9123		
Sd				2,7939		
f <sup>c</sup> + 0,82 Sd				31,2910		
0,85 f <sup>c</sup>				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari 0,85 f<sup>c</sup> dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari (f<sup>c</sup>+0,82 Sd), jadi memenuhi f<sup>c</sup> = 29 Mpa.

### 5.2.3 Umur 21 hari

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton Biasa Umur 21 Hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (Mpa)	Konversi (f <sub>b</sub> /0,95)	Rerata 4 Hasil Uji
1	C-1	84635,10	177,2142	47,7586	50,2722	---
2	C-2	90753,30	177,8045	51,0410	53,7274	---
3	C-3	92792,70	176,6250	52,5365	55,3016	---
4	C-4	90753,30	177,2142	51,2110	53,9064	53,3019
5	C-5	85654,80	178,9879	47,8550	50,3738	53,3273
6	C-6	85144,95	178,3957	47,7281	50,2402	52,4555
7	C-7	91773,00	178,3957	51,4435	54,1511	52,1678
8	C-8	89733,60	175,4495	51,1449	53,8368	52,1505
9	C-9	85654,80	181,3664	47,2274	49,7131	51,9853
10	C-10	88204,05	180,7703	48,7934	51,3615	52,2656
11	C-11	87694,20	177,8045	49,3205	51,9164	51,7070
12	C-12	93812,40	177,2142	52,9372	55,7235	52,1786
13	C-13	89733,60	177,8045	50,4675	53,1238	53,0313
14	C-14	90753,30	178,3957	50,8719	53,5494	53,5783
15	C-15	85654,80	177,2142	48,3340	50,8779	53,3186
				f <sub>bm</sub> (Mpa)	49,9114	
				Sd	1,9700	
				f <sub>c</sub> + 0,82 Sd	30,6154	
				0,85 f <sub>c</sub>	24,65	

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari 0,85 f<sub>c</sub> dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari (f<sub>c</sub>+0,82 Sd), jadi memenuhi f<sub>c</sub> = 29 Mpa.

### 5.2.4 Umur 28 hari

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat desak silinder beton normal umur 28 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (Mpa)	Konversi (f <sub>b</sub> /1,00)	Rerata 4 Hasil Uji
1	A-1	95851,80	176,6250	54,2685	54,2685	---
2	A-2	96871,50	177,2142	54,6635	54,6635	---
3	A-3	87184,35	176,0367	49,5262	49,5262	---
4	A-4	91773,00	176,6250	51,9592	51,9592	52,6044
5	A-5	88204,05	178,9879	49,2793	49,2794	51,3571
6	A-6	89223,75	177,8045	50,1808	50,1808	50,2364
7	A-7	99930,60	179,5810	55,6465	55,6465	51,7665
8	A-8	85144,95	176,0367	48,3677	48,3677	50,8686
9	A-9	91773,00	177,8045	51,6145	51,6146	51,4524
10	A-10	93631,65	176,6250	54,5572	54,5572	52,5465
11	A-11	84635,10	177,2142	47,7586	47,7586	50,5745
12	A-12	86164,65	176,6250	48,7839	48,7839	50,6786
13	A-13	89223,75	181,9635	49,0338	49,0339	50,0334
14	A-14	94322,25	177,8045	53,0483	53,0483	49,6562
15	A-15	89,733,60	175,4495	51,1449	51,1450	50,5028
f <sub>bm</sub> (Mpa)				51,3222		
Sd				2,5956		
f <sub>c</sub> + 0,82 Sd				31,1284		
0,85 f <sub>c</sub>				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari 0,85 f<sub>c</sub> dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari (f<sub>c</sub>+0,82 Sd), jadi memenuhi f<sub>c</sub> = 29 Mpa.

### 5.3 Analisis Hasil Pengujian Kuat Desak Beton dengan Penambahan Zat Additif

Hasil sementara dari pengujian kuat desak silinder ini juga diberikan dalam lampiran. Berikut adalah analisis dari hasil pengujian tersebut.

#### 5.3.1 Umur 7 hari

Tabel 5.8 hasil pengujian kuat desak beton dengan zat additif umur 7 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (Mpa)	Konversi (f <sub>b</sub> /0,65)	Rerata 4 Hasil Uji
1	H-1	63731,25	180,1752	35,3718	54,4182	---
2	H-2	59142,60	178,9879	33,0428	50,8351	---
3	H-3	56593,35	179,5810	31,5141	57,2190	---
4	H-4	68829,75	181,3664	37,9506	58,3856	55,2145
5	H-5	62201,70	181,3664	34,2961	52,7633	54,8007
6	H-6	61691,85	176,6250	34,9281	53,7356	55,5259
7	H-7	60672,15	177,2142	34,2366	52,6717	54,3891
8	H-8	68319,90	184,3617	37,0575	57,0116	54,0456
9	H-9	64241,10	178,3957	36,0104	55,4007	54,7049
10	H-10	66280,50	179,5810	36,9084	56,7822	55,4665
11	H-11	65770,65	178,9879	36,7458	56,5321	56,4316
12	H-12	65770,65	178,3957	36,8678	56,7198	56,3587
13	H-13	66280,50	176,6250	37,5261	57,7325	56,9416
14	H-14	67810,05	176,0367	38,5204	59,2621	57,5616
15	H-15	68319,90	181,3664	37,6695	57,9531	57,9169
f <sub>bm</sub> (Mpa)				36,2883		
Sd				2,4326		
f <sub>c</sub> + 0,82 Sd				30,9947		
0,85 f <sub>c</sub>				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari  $0,85 f'c$  dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari  $(f'c + 0,82 Sd)$ , jadi memenuhi  $f'c = 29 \text{ Mpa}$ .

### 5.3.2 Umur 14 hari

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat desak beton dengan zat additif umur 14 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f'b (Mpa)	Konversi (f'b/0,88)	Rerata 4 Hasil Uji
1	F-1	79536,60	176,6250	45,0313	51,1720	---
2	F-2	79536,60	174,2779	45,6378	51,8612	---
3	F-3	88713,90	180,7703	49,0755	55,7676	---
4	F-4	71888,85	178,9879	40,1641	45,6410	51,1104
5	F-5	90753,30	175,4495	51,7262	58,7797	53,0124
6	F-6	79026,75	176,6250	44,7427	50,8439	52,7581
7	F-7	89223,75	180,1752	49,5205	56,2734	52,8845
8	F-8	76987,35	174,2779	44,1750	50,1989	54,0240
9	F-9	89733,60	175,4495	51,1449	58,1193	53,8589
10	F-10	85654,80	177,2142	48,3340	54,9250	54,8792
11	F-11	81576,00	174,8632	46,6513	53,0129	54,0640
12	F-12	82595,70	180,1752	45,8419	52,0931	54,5376
13	F-13	94322,25	181,9635	51,8358	58,9043	54,7338
14	F-14	84635,10	177,2142	47,7586	54,2712	54,5704
15	F-15	92792,70	176,6250	52,5365	59,7006	56,2423
f'bm (Mpa)				47,6117		
Sd				3,9360		
f'c + 0,82 Sd				32,2275		
0,85 f'c				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari  $0,85 f'_c$  dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari  $(f'_c + 0,82 S_d)$ , jadi memenuhi  $f'_c = 29 \text{ Mpa}$ .

### 5.3.3 Umur 21 hari

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat desak beton dengan zat additif umur 21 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (Mpa)	Konversi (f <sub>b</sub> /0,95)	Rerata 4 Hasil Uji
1	I-1	92792,70	181,3664	51,1631	53,8559	---
2	I-2	89733,60	174,2779	51,4888	54,1988	---
3	I-3	95851,80	176,6250	54,2685	57,1248	---
4	I-4	98910,90	176,6250	56,0005	58,9479	56,0318
5	I-5	96871,50	176,6250	54,8458	57,7325	57,0010
6	I-6	99930,60	186,1706	53,6769	56,5020	57,5768
7	I-7	92792,70	176,0367	52,7121	55,4864	57,1672
8	I-8	90243,45	177,8045	50,7543	53,4256	55,7866
9	I-9	104519,25	176,0367	59,3735	62,4985	56,9781
10	I-10	93302,55	176,0367	53,0017	55,7913	56,8005
11	I-11	99930,60	175,4495	56,9569	59,9546	57,9175
12	I-12	94322,25	178,3957	52,8725	55,6553	58,4749
13	I-13	97891,20	176,0367	55,6084	58,5351	57,4841
14	I-14	99930,60	176,6250	56,5778	59,5556	58,4252
15	I-15	98910,90	180,1752	54,8970	57,7864	57,8831
f <sub>bm</sub> (Mpa)				54,2799		
S <sub>d</sub>				2,5192		
f <sub>c</sub> + 0,82 S <sub>d</sub>				31,0657		
0,85 f <sub>c</sub>				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari  $0,85 f'c$  dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari  $(f'c + 0,82 Sd)$ , jadi memenuhi  $f'c = 29 \text{ Mpa}$ .

#### 5.3.4 Umur 28 hari

Tabel 5.11 Hasil pengujian kuat desak beton dengan zat additif umur 28 hari

No	Kode	P (kg)	A (cm <sup>2</sup> )	f'b (Mpa)	Konversi (f'b/1,00)	Rerata 4 Hasil Uji
1	B-1	102479,85	175,4495	58,4099	58,4099	---
2	B-2	111147,30	174,8632	63,5624	63,5624	---
3	B-3	116245,80	174,8632	66,4781	66,4782	---
4	B-4	96871,50	180,7703	53,5882	53,5882	60,5097
5	B-5	101970,00	171,3660	59,5042	59,5042	60,7832
6	B-6	99930,60	177,2142	56,3897	56,3897	58,9901
7	B-7	112167,00	174,2779	64,3610	64,3610	58,4608
8	B-8	101970,00	176,6250	57,7325	57,7325	59,4969
9	B-9	106558,50	176,6250	60,3303	60,3304	59,7034
10	B-10	97891,20	176,0367	55,6084	55,6084	59,5081
11	B-11	95851,80	176,6250	54,2685	54,2685	56,9849
12	B-12	109617,75	176,0367	62,2698	62,2698	58,1193
13	B-13	98910,90	176,0367	56,1876	56,1876	57,0836
14	B-14	98401,05	175,4495	56,0851	56,0851	57,2028
15	B-15	97381,35	177,2142	54,9512	54,9512	57,3734
f'bm (Mpa)				58,6484		
Sd				3,9739		
f'c + 0,82 Sd				32,2586		
0,85 f'c				24,65		

Dari pengujian di atas terlihat bahwa tidak satupun dari hasil uji kurang dari 0,85  $f'c$  dan nilai rata-rata dari 4 hasil uji yang berurutan tidak ada yang kurang dari ( $f'c + 0,82 Sd$ ), jadi memenuhi  $f'c = 29$  Mpa.

Dari hasil-hasil di atas dibuat tabel hasil uji kuat desak silinder beton seluruh percobaan untuk setiap jenis sampel dan perbedaan umur betonnya beserta keterangan nilai slumpnya. Laju pengerasannya dihitung dengan membandingkan kuat desak yang dicapai terhadap kuat desak maksimum beton normal umur 28 hari (ket : dianggap telah mencapai 100%, padahal sebenarnya belum), yaitu dalam tabel 5.12 dibawah ini:

Tabel 5.12 Kuat desak beton rata-rata dan laju pengerasan silinder beton

No	Jenis Sampel	Umur (hari)	Slump (cm)	Kuat Desak Beton Rata-rata (Mpa)	Laju Pengerasan (%)
1	Beton normal	7	3,8	36,8580	71,8169
		14	2,7	41,9123	81,6650
		21	4,5	49,9114	97,2510
		28	2,7	51,3222	100,00
2	Beton dengan penambahan zat additif	7	4,0	36,2883	70,7074
		14	3,5	47,6117	92,7701
		21	3,5	54,2799	106,6398
		28	3,8	58,6484	114,2749

Dari tabel di atas terlihat bahwa beton dengan penambahan zat additif menghasilkan kuat desak yang lebih rendah pada umur 7 hari, namun lebih tinggi

mulai dari umur 14 sampai 28 hari dibandingkan dengan beton normal. Besarnya penurunan dan peningkatannya adalah sebagai berikut :

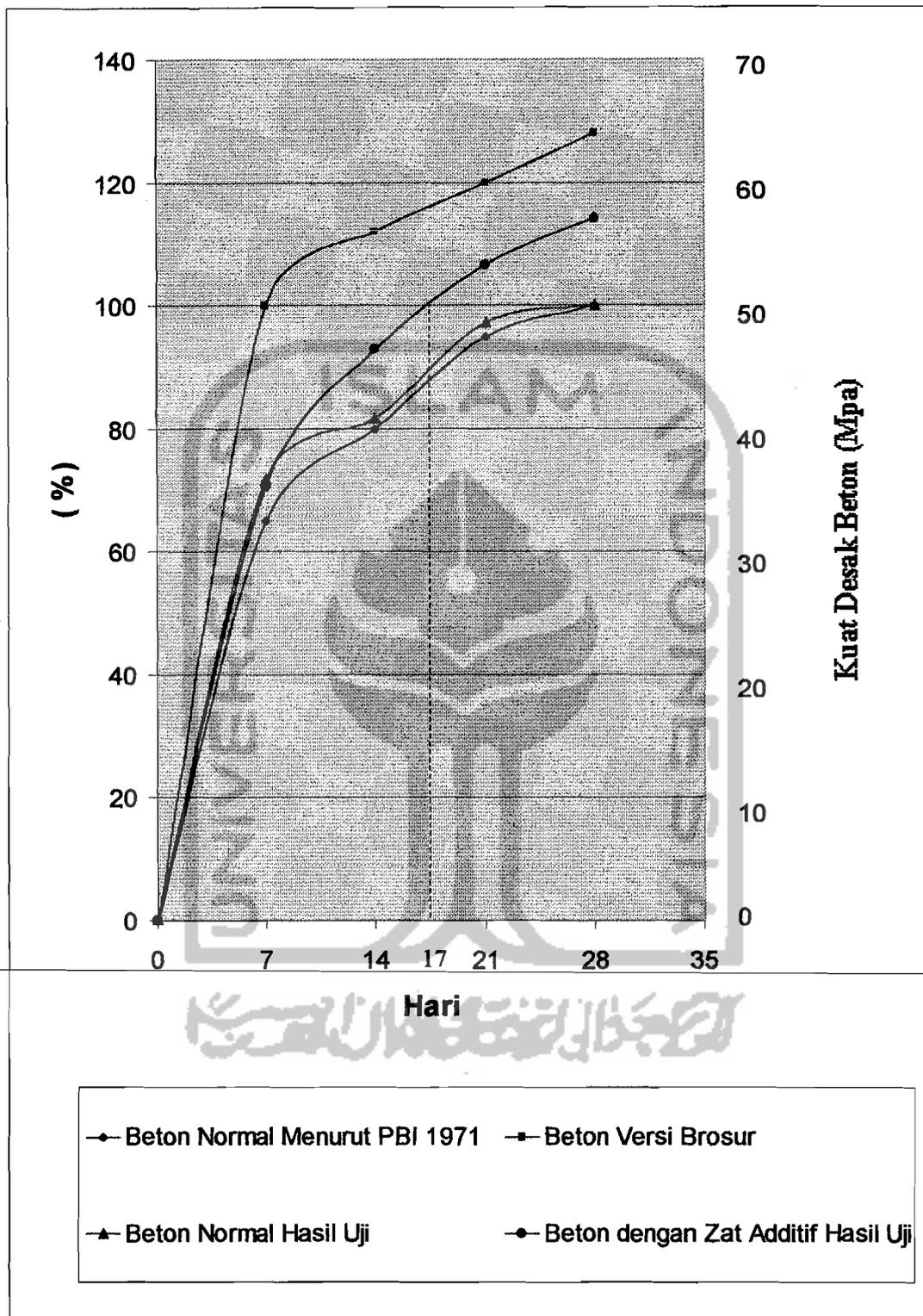
Tabel 5.13 Prosentase kenaikan dan penurunan kuat desak beton dengan zat additif dibandingkan beton normal

No	Umur	(%)
1.	7 Hari	- 0,5697
2.	14 Hari	+ 5,6994
3.	21 Hari	+ 4,3685
4.	28 Hari	+ 7,3262

Kuat desak dan waktu pengerasan dari hasil pengujian kedua jenis sampel ini akan terlihat lebih jelas pada gambar 5.4. Dalam gambar ini disertakan pula grafik perkiraan laju pengerasan beton dengan zat additif menurut brosur (besarnya kuat desak tiap umur tidak diketahui, hanya berdasarkan keterangan kuat desak beton umur 7 hari setara dengan umur 28 hari, dan peningkatan kuat desaknya mencapai lebih dari 25%), dan laju pengerasan beton normal menurut PBI 1971 dalam tabel 5.14 berikut ini :

Tabel 5.14 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur menurut PBI 1971

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20



Gambar 5.4 Grafik perbandingan laju pengerasan dan kuat desak beton menurut PBI 1971, brosur, dan hasil pengujian

## 5.5 Pembahasan

Secara keseluruhan, pelaksanaan pekerjaan pembuatan benda uji dalam penelitian ini dapat dikatakan berjalan baik tanpa suatu hambatan yang berarti. Mutu benda uji yang dibuat dalam penelitian ini juga memenuhi semua persyaratan yang disyaratkan.

Dari gambar 5.4 dapat diuraikan sebagai berikut. Kuat desak rata-rata yang dihasilkan seluruhnya berada di atas grafik laju pengerasan beton normal menurut standar PBI 1971 yang berarti memenuhi syarat. Pada umur 7 hari, kuat desak rata-rata beton dengan zat additif sebesar 36,2883 Mpa, lebih rendah 0,5697% dibandingkan kuat desak rata-rata beton normal 36,8580 Mpa. Pada umur 14 hari kuat desak rata-rata beton dengan penambahan zat additif lebih tinggi 5,6994% yaitu 47,6117 Mpa dibandingkan kuat desak rata-rata beton normal 41,9123 Mpa. Pada umur 21 hari terjadi peningkatan sebesar 4,3685%, pada beton dengan penambahan zat additif 54,2799 Mpa sedangkan beton normal 49,9114 Mpa. Dan pada umur 28 hari terjadi peningkatan kuat desak rata-rata maksimum sebesar 7,3262%. Pada beton dengan penambahan zat additif kuat desak rata-ratanya mencapai 58,6484 Mpa sedangkan pada beton normal kuat desak rata-ratanya 51,3222 Mpa (lihat tabel 5.12 dan gambar 5.4).

Laju pengerasan yang dibutuhkan oleh beton normal dan beton dengan penambahan zat additif pada umur 7 hari tidak begitu berbeda. Perbedaan baru terlihat jelas ketika memasuki umur ke-14. Pada Umur 7 hari, beton normal sudah mengeras 71,8169% sedangkan pada beton dengan penambahan zat additif baru mencapai 70,7074%. Pada umur 14 hari beton dengan penambahan zat additif

telah mengeras 92,7701% sedangkan beton normal baru mencapai 81,6650%. Pada Umur 21 hari beton normal mengeras sebesar 97,2510% sedangkan pada beton dengan penambahan zat additif telah mencapai 106,6398% yang berarti telah melebihi laju pengerasan maksimum beton normal yang dicapai pada umur 28 hari. Pada beton dengan penambahan zat additif, laju pengerasan maksimum beton normal 28 hari dicapai pada sekitar umur 17 hari. Dan pada umur 28 hari, pengerasannya telah mencapai 114,2749% dibanding beton normal umur 28 hari (lihat tabel 5.12 dan gambar 5.4).

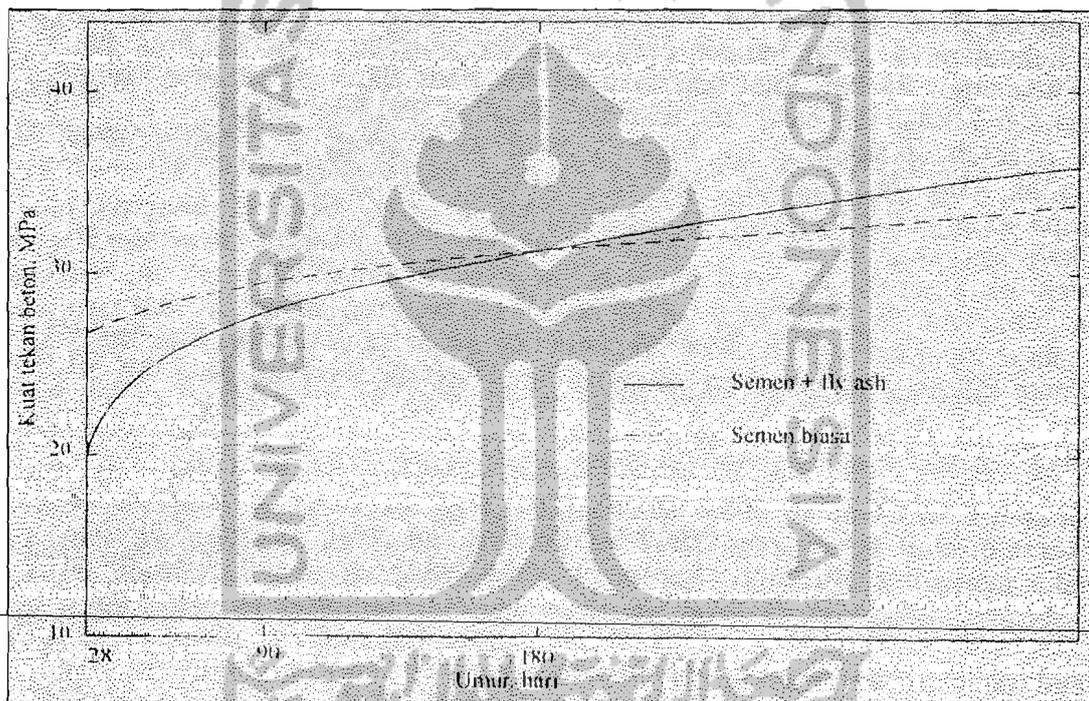
Dari hasil di atas diperoleh bahwa peningkatan kuat desak rata-rata beton dengan penambahan zat additif baru terjadi mulai umur 14 hari hingga umur 28 hari dibandingkan beton normal. Sebenarnya yang terjadi bukan dikarenakan zat additif tersebut dapat meningkatkan kuat desak tetapi karena “efek samping” dari zat additif ini termasuk jenis *water reducers*. Fungsi dari adanya *water reducers* pada campuran beton adalah dapat mengurangi kebutuhan air namun workabilitasnya meningkat. Adanya pengurangan air pada campuran beton dengan penambahan zat additif mengakibatkan nilai fas dari campuran tersebut menjadi berubah dari campuran untuk beton normal. Dengan pengurangan air (pada penelitian ini  $\pm 20\%$ ) nilai fas dari campuran menjadi lebih rendah campuran beton normal yang direncanakan di awal. Menurut teori, semakin rendah nilai fas kuat desaknya akan semakin tinggi namun adukan semakin sulit dipadatkan, dan dalam penelitian ini hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan *water reducers*. Singkatnya, dengan penggunaan *water reducers* kebutuhan air dapat dikurangi

namun workabilitas lebih mudah, efeknya nilai fas menjadi lebih rendah dari campuran yang direncanakan sehingga kuat desak yang dihasilkan lebih tinggi.

Perbedaan nilai fas yang terjadi antara campuran beton normal dan beton dengan penambahan zat additif akibat adanya pengurangan kebutuhan air dalam penelitian ini sebenarnya membuat kedua jenis beton ini tidak dapat dibandingkan kuat desaknya namun hal ini tetap dilakukan karena tujuan dari penelitian ini adalah meneliti pengaruh pemakaian zat additif ini terhadap kuat desak dan laju pengerasan beton normal sesuai petunjuk produsen pada brosur akan menghasilkan beton dengan keunggulan yang dijanjikan atau tidak, sehingga dapat dinyatakan secara jelas kesesuaian antara brosur dengan fakta yang diperoleh.

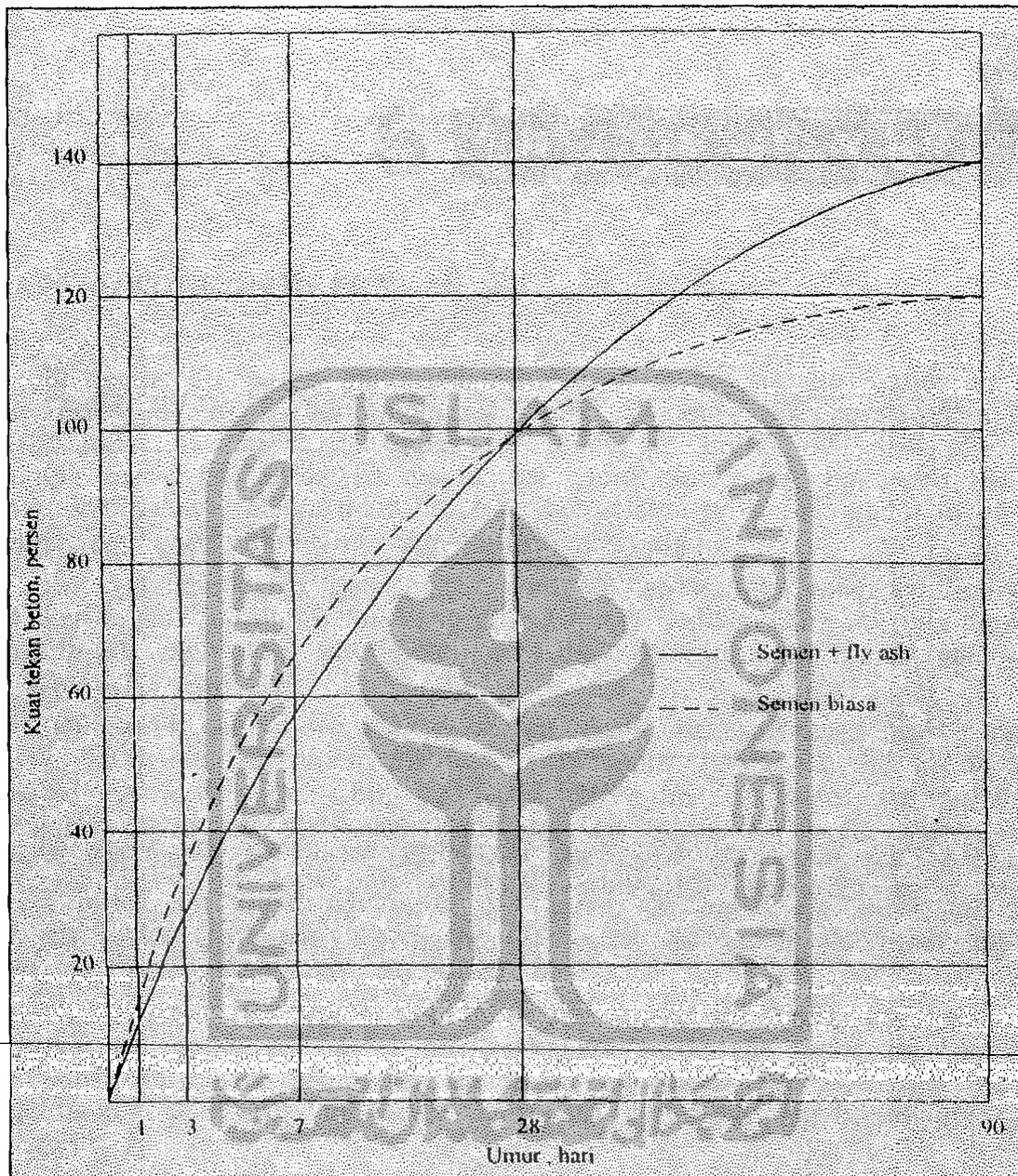
Peningkatan maksimum kuat desak (7,3262%) yang lebih rendah dibandingkan menurut brosur (lebih dari 25%) dapat dikarenakan penggunaan semen Portland Pozzolan (PPC) pada campuran beton. Dalam "Kuliah Umum Teknologi Semen" (2003) semen Portland pozolan (PPC) disebut juga *Fly Ash Cement*. Menurut Tjokrodimuljo (1992) termasuk dalam kelompok pozolan adalah tras alam, gilingan terak dapur tinggi dan *fly ash*. Pozolan dapat dipakai sebagai bahan tambahan atau sebagai pengganti sebagian semen Portland. Laju kenaikan kekuatannya lebih lambat daripada beton normal (lihat gambar 5.5 dan 5.6). Pada gambar-gambar ini digambarkan perbedaan kuat desak dan laju pengerasan antara semen biasa dengan semen + *fly ash* dan mungkin kurang tepat untuk menggambarkan kuat desak dan laju pengerasan dari semen Portland pozolan, namun karena keterbatasan penyusun dalam menemukan literatur khususnya grafik tentang laju pengerasan semen Portland pozolan maka kedua gambar

tersebut yang digunakan sebagai gambaran pengaruh penambahan pozolan (*fly ash*) sebagai pengganti sebagian semen Portland. Pada umur 28 hari kuat tekannya lebih rendah daripada beton normal, namun sesudah 3 bulan (90 hari) kuat tekannya dapat sedikit lebih tinggi. Sehingga hasil penelitian yang diuji hanya sampai umur 28 hari menurut teori kuat desak yang dicapai lebih rendah dibandingkan bila menggunakan semen Portland biasa (tipe 1).



Gambar 5.5 Diagram umur dan kuat tekan beton dengan semen + *fly ash* dibandingkan semen biasa

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo (1992)



Gambar 5.5 Grafik laju kenaikan kuat tekan beton dengan semen + *fly ash* dibandingkan semen biasa

Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo (1992)

Kuat desak rata-rata dan laju pengerasan beton yang menggunakan zat additif hasil pengujian lebih rendah dari brosur. Hasil penelitian yang dicapai kira-kira hanya 85% brosur. Peningkatan kuat desak beton menurut brosur mencapai lebih dari 25%, sedangkan peningkatan kuat desak rata-rata maksimum hasil penelitian hanya 7,3262%. Menurut brosur pula, kuat desak beton umur 7 hari setara dengan umur 28 hari sedangkan dari hasil penelitian hal tersebut terjadi kira-kira pada umur 17 hari (lihat gambar 5.4).

Hal ini selain karena penggunaan PPC mungkin juga dikarenakan adanya pengaruh faktor luar yang mengakibatkan kondisi atau karakteristik beton hasil pengujian berbeda dengan beton pengujian yang dilakukan oleh produsen. Untuk pembuatan benda uji di lapangan ternyata selain perhitungan rencana campuran ada faktor lain yang sangat berpengaruh terhadap benda uji dan kuat desak yang nantinya dihasilkan seperti faktor alam (cuaca, angin, suhu, dan lain-lain), pengawasan terhadap pekerjaan tukang, pengalaman, dan lain sebagainya.

Material terutama agregat baik pasir dan kerikil biasanya diletakkan di alam terbuka yang tidak terlindungi (tidak beratap) karena volumenya yang cukup besar, alasan kebersihan, kemudahan pekerjaan, tidak berkemasan luar seperti semen, dan sebagainya. Faktor alam seperti panas, hujan, angin, dan lain-lain, berpengaruh terhadap kondisi material ini. Misalnya, cuaca yang panas akan mengakibatkan air yang berada di dalam agregat ikut menguap sehingga kebutuhan airnya menjadi lebih banyak dari rencana campuran yang telah dibuat. Sebaliknya dalam cuaca hujan, agregat mengandung kelebihan air karena basah atau bahkan terendam air, sehingga kebutuhan air menjadi lebih sedikit, untuk itu

perlu dilakukan penyesuaian terhadap rencana campuran dengan melihat kondisi cuaca ketika pelaksanaan di lapangan.

Pengawasan terhadap pekerjaan tukang juga penting dilakukan. Hal ini lebih dikarenakan kurangnya pengetahuan yang dimiliki tukang tentang pembetonan. Dimulai dari ketika menakar kebutuhan material, pengadukan, persyaratan nilai slump, hingga proses pemadatan. Kesalahan dalam salah satu tahap pekerjaan bisa mempengaruhi silinder beton yang dihasilkan. Contohnya, nilai slump yang tidak memenuhi rencana atau proses pemadatan yang tidak baik akan menghasilkan kuat desak yang tidak maksimal.

Selain itu hal lain yang berpengaruh adalah pengalaman. Pengalaman adalah proses pembelajaran yang terbaik. Ketika melaksanakan pekerjaan di lapangan, pengalaman merupakan hal yang ikut membantu untuk dapat menentukan apakah pekerjaan yang dilakukan telah baik atau belum. Dan seperti dalam pekerjaan pembuatan benda uji beton yang menggunakan zat aditif yang di dalamnya mengandung zat *accelerator*. Ketika pengerjaan pengadukan telah selesai dan nilai slump telah memenuhi, pekerjaan selanjutnya adalah proses pencetakan dan pemadatan. Dengan adanya zat *accelerator* membuat waktu ikat awal beton lebih cepat dari biasanya, sehingga pekerjaan pencetakanpun harus lebih cepat sebelum adukan tersebut mengeras, atau benda uji berubah karakteristiknya.

Mungkin pengujian yang dilakukan produsen dilakukan oleh orang yang lebih ahli dan dilaksanakan secara lebih profesional dari penelitian ini, misalnya semua pekerjaan dilakukan oleh mesin dari proses penyaringan agregat, pengadukan, pencetakan, sampai pemadatan sehingga pekerjaan lebih cepat dan lebih baik,

material yang digunakan juga mungkin diletakkan dalam ruang terlindung sehingga tidak terkontaminasi zat lain tidak seperti penelitian ini dimana material diletakkan di tempat tak terlindung, dan lain-lain, yang membuat kuat desak beton yang dihasilkan lebih maksimal dan lebih tinggi dari penelitian ini.

Kuat desak dan laju pengerasan beton normal hasil pengujian lebih tinggi dari beton normal menurut standar PBI 1971 (lihat gambar 5.4). Pada umur 7 hari, PBI mensyaratkan pencapaian kuat desak 65% dari kuat desak umur 28 hari sedangkan hasil pengujian telah mencapai 71,329%. Pada umur 14 hari PBI mensyaratkan 88% sedangkan hasil pengujian telah mencapai 89,092%. Dan pada umur 21 hari PBI mensyaratkan 95% sedangkan hasil pengujian telah mencapai 99,526%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton yang dihasilkan dalam penelitian ini memenuhi syarat PBI 1971.

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini maka dari hasil-hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa keterangan yang diberikan brosur, dimana dikatakan kuat desaknya bisa mencapai lebih dari 25%, dan kuat desak umur 7 hari setara dengan kuat desak umur 28 hari tidak sesuai. Sesuai hasil penelitian, peningkatan kuat desak rata-rata maksimum hanya 7,3262%, dan kuat desak yang setara dengan umur 28 hari terjadi pada sekitar umur 17 hari.

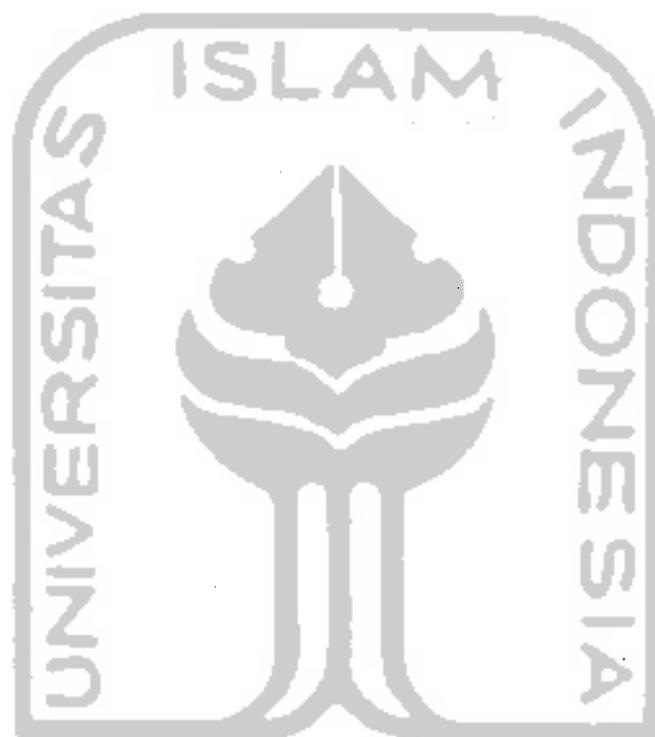
Dari hasil penelitian juga dapat terlihat persamaan dan perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu dengan menggunakan zat aditif lain yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya ditinjau pada umur 28 hari. Persamaannya adalah kecenderungan yang sama yaitu adanya peningkatan kuat desak beton bila dibandingkan dengan beton normal, walaupun ada penelitian yang

menunjukkan dalam dosis tertentu justru kuat desak mengalami penurunan (penelitian Muzzamil dan Budiyo (1997) yang menggunakan Merguss FB pada dosis 2,5% kuat tekan yang dihasilkan lebih rendah dari beton normal dan penelitian Dwi Susilowati (2002) yang menggunakan Plastiment-VZ pada dosis 1% kuat desak maksimum turun 39,745%).

Perbedaannya terletak pada besarnya peningkatan kuat desak beton yang dihasilkan, karena hasil yang didapat dari penelitian ini berbeda dengan semua penelitian-penelitian tersebut. Peningkatan maksimum kuat desak yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih rendah dibanding penelitian R A Najamuddin (1996) yang menggunakan Plastocrete R dengan dosis optimal 0,3% kuat tekan rerata tertinggi meningkat 13,965%; penelitian Eko Yuwonio (1997) yang menggunakan Bestmittel, BV special, dan Superplastet F peningkatan kuat desak rata-rata  $\pm$  20%; penelitian Mursito (1997) yang menggunakan Sikament 520 dosis 1% kuat tekan maksimum rata-rata meningkat 60,46%; penelitian Muzzamil dan Budiyo (1997) yang menggunakan Merguss FB kuat tekan meningkat  $\pm$  59%; penelitian Susfinda DS dan Romi Oktana (1997) yang menggunakan Plastocrete NC Special kuat desak maksimal yang terjadi  $\pm$  30%; dan penelitian Denny M Sinaga (1998) yang menggunakan Delvo Stabilizer dosis 1,3% kuat desak rata-rata tertinggi yang meningkat 47,7%.

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu waktu pengujian yang diukur hanya sampai umur 28 hari. Mungkin saja terjadi kuat desak beton pada beton yang menggunakan zat additif ini akan meningkat lebih tinggi lagi atau justru menurun pada umur setelah 28 hari. Namun dalam penelitian ini hal tersebut tidak dapat

dilaksanakan terutama karena kendala waktu, karena untuk pengujian di atas umur 28 hari misalnya umur 56 hari atau 90 hari tentunya membutuhkan waktu yang lama.



جامعة الإسلام في إندونيسيا